



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



Tecnología, Investigación y Academia

“El sector eléctrico en Colombia: sin graves riesgos ante el cambio climático” según Gobierno

“Colombian Electricity Sector: Without Serious Risks in the Face of Climate Change” according to the Government

Carlos Javier González Ortiz¹

Para citar este artículo: González, C. J. (2018). “El sector eléctrico en Colombia: sin graves riesgos ante el cambio climático” según Gobierno. *TIA*, 6(1), pp. 54-65.

ARTÍCULO DE REFLEXIÓN

Fecha de recepción:
04-12-2015

Fecha de aceptación:
28-03-2016

ISSN: 2344-8288

Vol. 6 No. 1

Enero - junio 2018

Bogotá-Colombia

Resumen

Mediante la lectura del documento titulado “Plan de expansión de referencia generación-transmisión 2014-2028” creado por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), para considerar los planes de expansión de la red eléctrica nacional de los próximos tres años, se apreciaron las condiciones actuales de la red eléctrica, de la oferta y la demanda tanto como los tipos de tecnología que fundamentan al sector eléctrico. En relación con el cambio climático, el Gobierno no ve una amenaza seria en las próximas décadas relacionada con la falta de recursos hídricos utilizados en centrales hidroeléctricas, plantea la instalación de centrales termoeléctricas como alternativa en una eventual carencia de recurso hídrico y contempla de manera ínfima la masificación de tecnologías renovables. El modelo de progreso tecnológico-económico y social no permite que un país como Colombia haga uso intensivo de tecnologías renovables.

Palabras clave: energías alternativas, cambio climático, recursos hídricos.

Abstract

By reading the document entitled “Plan de expansión de referencia generación-transmisión 2014-2028” created by Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), to consider the expansion plans of the national power grid for the next three years, the current conditions of the power grid, supply and demand as well as the types of technology that support the electricity sector were appreciated. Regarding climate change, the national government does not see a serious threat in the coming decades related to the lack of water resources used in hydroelectric plants; it raises installing thermal power plants as an alternative to a possible lack of water resources and contemplates in a very small way the massification of renewable

¹ Estudiante de Ingeniería Eléctrica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico: c.jgo@hotmail.com

technologies. The model of technological-economic and social progress does not allow a country like Colombia to make intensive use of renewable technologies.

Keywords: energy alternatives, climate change, water resources.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una realidad hoy en día. La ausencia de lluvias actual ha desembocado en la interrupción del servicio de energía eléctrica en varios departamentos de Colombia, en otros ha llevado a la regulación del uso de esta energía en el alumbrado urbano y a la generación de campañas de ahorro entre los consumidores. Dado que una de las mayores fuentes generadoras de energía eléctrica en el país es la operación de hidroeléctricas, el propósito de este artículo es exponer qué medios pueden ser una alternativa eficiente en la producción de energía eléctrica al uso de hidroeléctricas en un país como este.

OBJETIVOS

- Analizar cuáles podrían ser las consecuencias en la generación de energía eléctrica en los próximos años de continuar la dependencia de las centrales hidroeléctricas.
- Exponer cuál es el funcionamiento de una central hidroeléctrica.
- Mostrar cuál es el grado de dependencia del país respecto a esta modalidad de generación de energía eléctrica.
- Exponer qué otras alternativas al uso de las hidroeléctricas en el país pueden ser usadas de acuerdo con las características económicas del Estado.

EL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático es la alteración de los ciclos climáticos ordinarios de la naturaleza. Esta

alteración se evidencia cuando, por ejemplo, en el país durante la temporada de lluvias se presenta el fenómeno de la sequía o contrariamente, cuando en época de falta de lluvias se presenta un fuerte invierno [1]. Las causas de este fenómeno aún no han sido aclaradas de manera exacta; por ejemplo, para algunos sectores de la comunidad académica el fenómeno es producido debido al sobre calentamiento del planeta que se produce por las emisiones de gases tóxicos, por otro lado, otros sectores muestran que este fenómeno ocurre más bien por causas naturales del planeta.

Uno de los efectos de este cambio climático es la caída del nivel de lluvias en el país, generando la carencia de embalses acuíferos naturales y de manera similar la reducción de cantidades enormes de agua contenidas en embalses para generación de energía eléctrica. En la actualidad, en Colombia se ha presentado un alza de las tarifas del servicio de energía eléctrica tanto para uso residencial como industrial debido a que es necesario, ante la ocurrencia del desabastecimiento de agua en las hidroeléctricas, producir una mayor cantidad de electricidad en las centrales termoeléctricas mediante la compra de combustibles fósiles para esta labor.

COLOMBIA Y LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

Una central hidroeléctrica es una construcción civil cuyo diseño permite la regulación de la afluencia y la caída de grandes cantidades de agua, puede ser una construcción asentada sobre un gran afluente o puede ser un embalse. La primera clase corresponde a construcciones que aprovechan el ritmo del desplazamiento de agua para mover

grandes ruedas, de esta manera se genera energía. El modelo de los embalses es aquel en el que se mantiene represada una gran cantidad de agua movida mediante turbinas a ritmos específicos, lo cual genera energía eléctrica que se almacenera en una especie de batería gigante.

Sistema de generación actual

Para marzo de 2014 la capacidad instalada para la generación de electricidad del SIN era de 14 585.5 MW, generada principalmente por centrales hidráulicas, térmicas a gas y carbón (Tabla 1).

De acuerdo con la Figura 1, la distribución de la capacidad instalada del Sistema Interconectado Nacional (SIN), es dominada por centrales hidroeléctricas, las cuales alcanzan el 63.9% del total. Luego, en orden de importancia, siguen las centrales térmicas a gas que representan el 26.3%. En cuanto a las centrales térmicas a carbón y las plantas menores, estas participan de manera similar en la capacidad instalada del parque generador, con valores cercanos al 4.5%; finalmente, se considera la participación de las plantas de cogeneración (0.5% del total instalado).

Tabla 1. Capacidad instalada por tipo de central (MW)

Tecnología	Capacidad [MW]
Capacidad hidroeléctrica	9,313.0
Capacidad plantas a gas	3,841.0
Capacidad plantas a carbón	701.0
Capacidad de cogeneración	66.8
Capacidad plantas menores	663.7
Total	14,585.5

Fuente: [1].

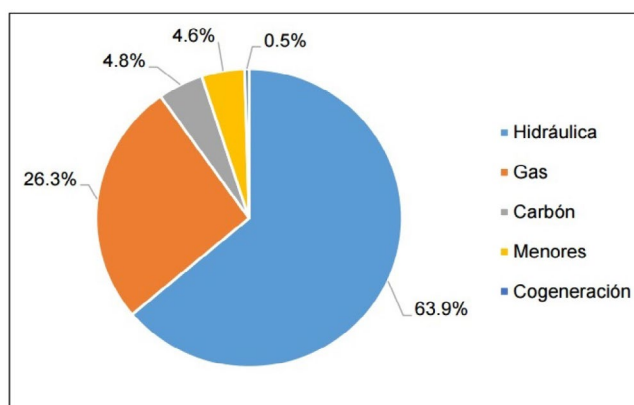


Figura 1. Participación por tipo de central.

Fuente: [1].

Centrales hidroeléctricas

La capacidad de las centrales hidroeléctricas constituye la mayor participación en la capacidad total instalada del sistema. Esta tecnología constituye 9313.0 MW. Las centrales hidroeléctricas de más importancia son Guavio y San Carlos, las cuales,

de manera agregada, alcanzan una capacidad instalada de 3440.0 MW que equivale al 37% de la capacidad hidroeléctrica total. Las centrales térmicas a gas participan en el SIN con 3841.0 MW.

En la Tabla 2 se presentan cada una de las centrales hidroeléctricas del país junto a su capacidad de producción de energía en MW.

Tabla 2. Centrales hidroeléctricas del sistema eléctrico colombiano

Central	Capacidad instalada [MW]
ALTO Y BAJO ANCHICAYA (ALBAN)	429.0
AMOYA	78.0
BETANIA	540.0
CALIMA	132.0
CHIVOR	1,000.0
DARIO VALENCIA SAMPER	50.0
ESMERALDA	30.0
GUADALUPE-TRONERAS (GUATRON)	512.0
GUATAPE	560.0
GUAVIO	1,200.0
JAGUAS	170.0
LA TASAJERA	306.0
MIEL	396.0
PARAISO-GUACA (PAGUA)	600.0
PLAYAS	201.0
PORCE 2	405.0
PORCE 3	660.0
PRADO	46.0
SALVAJINA	285.0
SAN CARLOS	1,240.0
SAN FRANCISCO	135.0
URRA	338.0
Capacidad instalada total de plantas hidroeléctricas	9,313.0

Fuente: [1]

DEMANDA ELÉCTRICA EN COLOMBIA

La demanda eléctrica en Colombia ha tenido un comportamiento de crecimiento fluctuante en los últimos años, con un crecimiento promedio anual cercano al 2.8%; aun así, ha presentado variaciones extremas, tanto por valores máximos de 4.1% en 2006, como mínimos de 1.5% en 2009, estos fueron los años en los que hubo una fluctuación económica orientada al alza, que coincidió con su máximo crecimiento y luego la crisis económica mundial, con su mayor afectación en Colombia durante el 2009, siendo paralelo a un menor crecimiento de demanda eléctrica. En la Figura 2 se muestra la demanda histórica de las últimas dos décadas, se aprecia que luego de la crisis económica de 1999, el crecimiento ha sido relativamente constante. Las variaciones anuales en porcentaje muestran con más detalle, debido a la escala del eje, la fluctuación anual, la cual incluye el crecimiento estimado para el escenario medio, de acuerdo con la revisión de julio de 2014 realizada por la UPME.

Proyecciones: demanda eventual y capacidad de generación eventual

La siguiente revisión de potencia y energía en Colombia permite comparar la capacidad instalada de potencia del SIN junto con la energía en firme para el cargo por confiabilidad (ENFIC), y luego contrastarlas con las proyecciones de demanda de potencia y energía (estos datos pertenecen a la revisión julio de 2014).

La Figura 3 muestra una revisión de los requerimientos de capacidad del sistema para la atención de la demanda de potencia que no considera las interconexiones internacionales. En cuanto a la evolución de la capacidad instalada, solo son considerados los proyectos definidos por el mecanismo del cargo por confiabilidad, es decir, no se tiene en cuenta la segunda etapa del proyecto Ituango que representa 1200 MW.

La Figura 3 permite comparar la posible evolución del pico de potencia de la demanda junto con la capacidad disponible actualmente y la futura del parque generador, lo anterior atañe a los tres escenarios de demanda de la proyección del mes de julio de 2014; muestra la

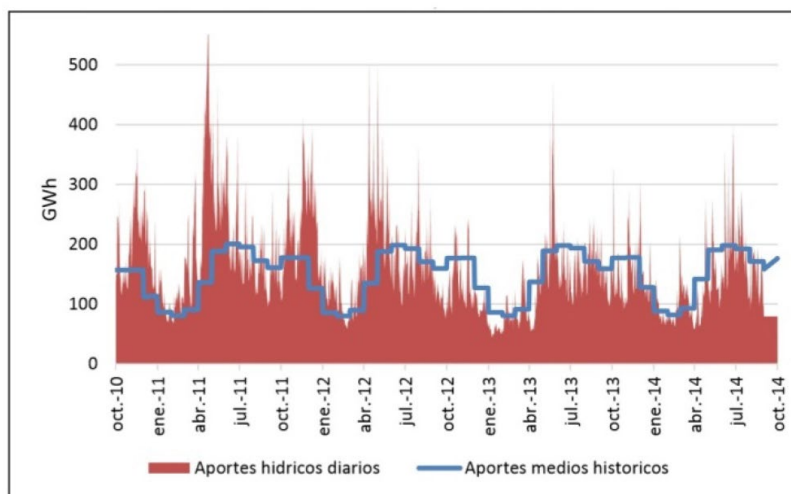


Figura 2. Evolución histórica de la demanda eléctrica energética

Fuente: [1].

capacidad efectiva neta, es decir, no considera la afectación de esta por los índices de disponibilidad de las plantas de generación.

Además, también puede concluirse que en todos los escenarios de demanda —alto, medio y bajo—, la capacidad instalada es superior a los requerimientos de potencia que el sistema exige. En la Figura 4, de forma complementaria, se muestra que para 2020 el margen de reserva estaría alrededor del 38% (escenario demanda alta), evidenciándose una reducción significativa del indicador a partir de este instante, ello debido a que no se incluyen nuevos proyectos de generación.

DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS

La disponibilidad de estos recursos para la generación de electricidad en Colombia está determinada, principalmente, por la ubicación geográfica del territorio, por la orografía y su interacción con la zona de confluencia intertropical (ZCIT), originando los regímenes anuales de lluvias en cada región. Debido a lo anterior, gran parte del territorio nacional tiene dos temporadas de lluvias que, en condiciones normales, garantizan el continuo abastecimiento de agua para generación eléctrica.

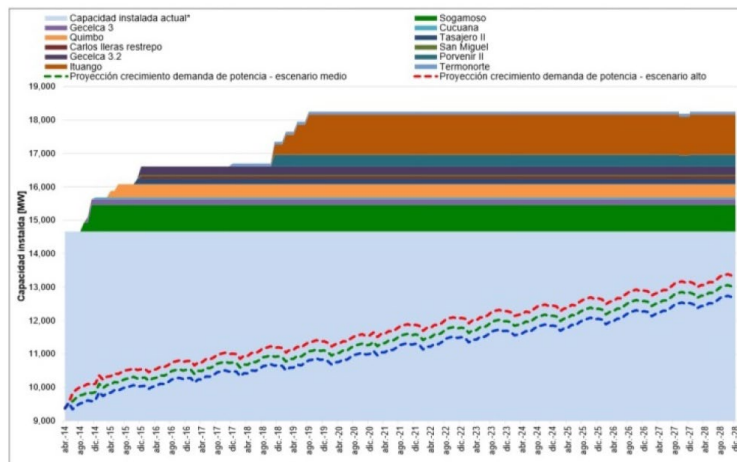


Figura 3. Proyección de demanda de potencia eléctrica y capacidad instalada

Fuente: [1].

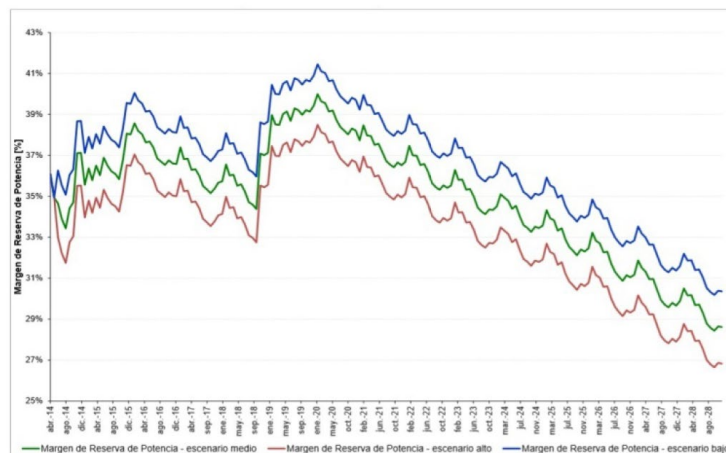


Figura 4. Margen de reserva de potencia del sistema colombiano

Fuente: [1].

Esta posición geográfica privilegiada, sin embargo, causa que Colombia esté expuesta a las alteraciones producidas por fenómenos macro climáticos en relación con la oscilación de El Niño (ENSO). En la Figura 5, se muestra la evolución del embalse agregado en GWh durante los últimos 20 años y la variación del índice ONI3 en el mismo periodo.

Esta interacción no es la única que afecta la disponibilidad de agua, hay otros eventos con diferente estacionalidad que pueden regular los efectos esperados de la ocurrencia de un fenómeno como El Niño o La Niña, por ejemplo, la oscilación Madden-Julian (MJO), una oscilación intraestacional de los patrones de precipitación tropical, que pasa por un ciclo identificado, tiene un período de 60 a 90 días y se caracteriza por un desplazamiento hacia el oriente; ocurre regularmente en el sistema acoplado mar-atmósfera, afectando especialmente la circulación en trópicos y subtrópicos. Predecir la evolución de esta onda es importante dado que estudios recientes en el hemisferio norte concluyeron que la oscilación se relaciona con las tormentas de invierno en Estados Unidos, con las situaciones

de bloqueo y en el verano con el desarrollo de tormentas tropicales, posiblemente con el ENSO.

A partir de la Figura 6 se puede intuir que un aumento del ONI (El Niño) significa una disminución del embalse agregado, cuando los valores del ONI son negativos (La Niña), el embalse agregado tiene un incremento. Esta relación es de gran importancia en los modelos de predicción; sin embargo, puede no ser tan cierta debido a que no contempla la operación propia de cada central, es decir, aspectos del mercado eléctrico. Debido a esta situación, explicar el comportamiento de la disponibilidad hídrica ante la variabilidad climática necesita recurrir a otras variables.

Teniendo en cuenta la definición del ONI y su valor histórico, en la Figura 6, se muestran los periodos de ocurrencia para las alteraciones que indican eventos El Niño (1991-1992, 1997-1998, 2002-2003, 2004-2005, 2005-2006 y 2009-2010), y La Niña (1995-1996, 1998-2001, 2005-2006, 2007-2008, 2010-2011, 2011-2012), estos incidieron en las precipitaciones, modificando el caudal de los ríos asociados con embalses y, en consecuencia, su volumen.

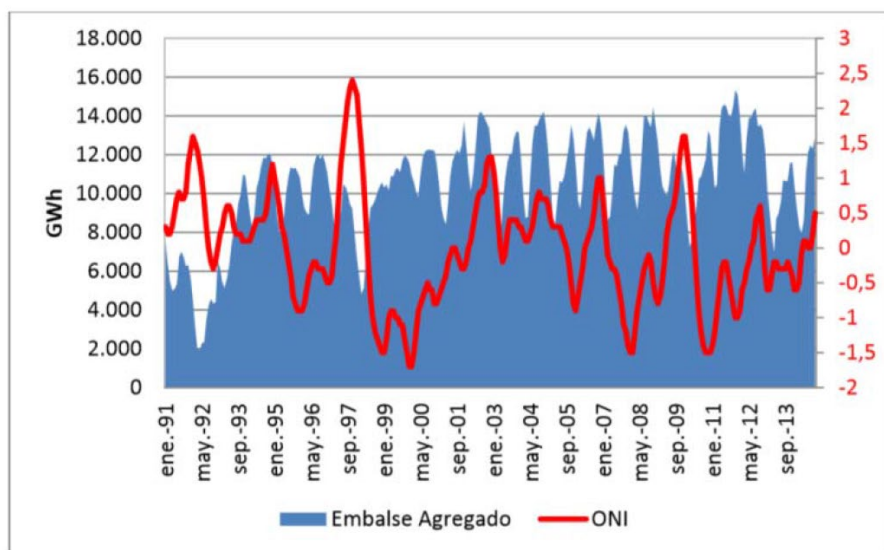


Figura 5. Embalse agregado *versus* ONI

Fuente: [1].

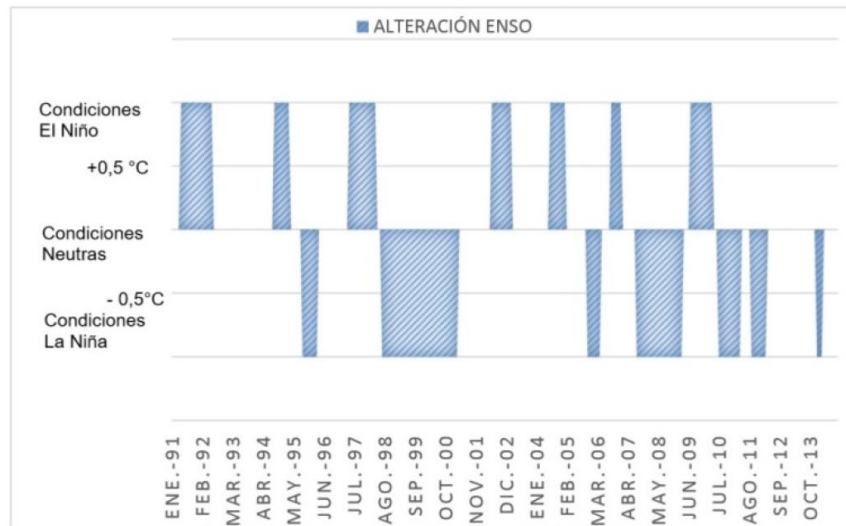


Figura 6. Condiciones de alteración ENSO de acuerdo con el ONI

Fuente: [1].

ALTERNATIVAS A LA DEPENDENCIA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

El país es altamente vulnerable al cambio climático, esto contribuye a las alteraciones actuales del régimen hidrológico las cuales modifican la disponibilidad del agua para generación eléctrica y para otros usos debido a que prolongan los períodos de sequía. También, la alteración hidroclimatológica puede desencadenar inundaciones, las cuales a su vez pueden generar reboses de agua en los embalses afectando cultivos u otras actividades relacionadas con aguas abajo de la presa.

Estudio “vulnerabilidad y opciones de adaptación del sector eléctrico colombiano frente al cambio climático”

Entre las medidas que puede tomar el Estado ante la amenaza de próximas grandes sequías, el UPME, como organismo de investigación del uso de la energía eléctrica en Colombia, en 2013 desarrolló el estudio “Vulnerabilidad y opciones de

adaptación del sector eléctrico colombiano frente al cambio climático”, cuyo objetivo fue desarrollar el análisis de la exposición y vulnerabilidad del sector eléctrico colombiano frente a las amenazas relacionadas con la variabilidad y el cambio climático para formular medidas de adaptación.

Los objetivos específicos del estudio fueron: (a) evaluar la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos y climáticos amenazantes para el sector eléctrico; (b) analizar la vulnerabilidad del sector eléctrico frente a la variabilidad y al cambio climático; (c) identificar, evaluar y priorizar posibles medidas de adaptación del sector eléctrico.

Este estudio tuvo como eje un índice de vulnerabilidad (autoría del UPME) que incluye cinco variables:

- Magnitud del cambio en las afluencias al embalse (ΔA).
- Número de meses del año en los que la variabilidad climática aumentaría (NM).
- Orden según la resiliencia del embalse dada por su capacidad para recuperarse de perturbaciones climáticas extremas (Re).
- Orden según la magnitud de los aumentos en la variabilidad climática (OVC).

- Orden según importancia relativa del embalse en términos de capacidad de generación para el país (IR).

Índice de vulnerabilidad (Tabla 3):

$$100 * ([\Delta A] * NM * Re) / (OVC * Ir)$$

También este estudio diseñó un índice de vulnerabilidad absoluto que permite analizar la evolución de la vulnerabilidad de cada embalse en el tiempo. La medida de la vulnerabilidad de cada uno de los grupos de embalse fue útil para la identificación de medidas de adaptación a nivel regional. El estudio plantea las medidas generales de adaptación que se mencionan a continuación: optimización del uso de las fuentes convencionales de energía; asegurar una oferta suficiente y permanente de electricidad a costos sociales bajos en el mediano y largo plazo; diversificar las fuentes no convencionales de energía (FNCE).

Teniendo en cuenta lo anterior, se encuentran implícitas las siguientes acciones: incentivar el uso de las fuentes disponibles, diversificar las opciones de generación, aumentar la robustez y disminuir la vulnerabilidad del sistema. Otras

medidas son las siguientes: optimizar el consumo de la electricidad mediante el aseguramiento para que la electricidad consumida genere los mayores beneficios sociales a los menores costos en el mediano y largo plazo, además de la postulación de políticas ambientales encaminadas a la conservación y restauración de las cuencas y de los ecosistemas.

En cuanto a la generación de leyes para hacer frente a los efectos del cambio climático en el sector eléctrico colombiano, este estudio sirvió como base para impulsar la Ley 1715 de 2014 mediante la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional.

En esta ley se destaca la implementación del plan de mitigación sectorial, el cual, enfocado en la protección del sector eléctrico, estableció las siguientes acciones: (a) generación de energía eléctrica con tecnologías renovables no convencionales en ZNI; (b) aumento de la participación de las energías renovables no convencionales en el sistema interconectado nacional (SIN); (c) impulsó el desarrollo de las estrategias de eficiencia energética del PROURE.

Tabla 3. Nivel de vulnerabilidad

Embalse	Magnitud del cambio en las afluencias al embalse (ΔQ).	Magnitud de los aumentos en la variabilidad climática (ΔCv)	No. de meses del año en que aumenta Variabilidad (Nm)	Importancia relativa del embalse en términos de capacidad de generación (IR)	Resiliencia del Embalse, dada por su capacidad para recuperarse de perturbaciones climáticas extremas (Re)	Índice de Vulnerabilidad	Nivel de Vulnerabilidad
Caribe	-14%	8	5	10	4	3,5	3
Antioquia 1	-25%	2	9	4	6	168,8	1
Antioquia 2	-28%	3	10	3	9	280,0	1
Caldas	-22%	4	6	9	10	36,7	2
Cauca	-26%	5	10	1	3	156,0	1
Tolima	-15%	9	7	11	8	8,5	3
Pacífico	-47%	1	11	8	11	710,9	1
Bogotá	-9%	10	9	7	7	8,1	3
Huila	-19%	7	10	5	2	10,9	2
Oriente 1	-13%	11	6	6	1	1,2	3
Oriente 2	-10%	6	9	2	5	37,5	2

Fuente: [1].

Plan de gestión integral del recurso hídrico (GIRH)

De acuerdo con el UPME, es necesario además asegurar en el mediano y largo plazo la gestión integral del recurso hídrico tal como lo plantea la política de GIRH y los decretos reglamentarios. Resulta fundamental articular los sistemas de información de generación hidroeléctrica con los existentes en materia de información ambiental a nivel nacional en el IDEAM como el SIAC (hidrometeorológica, climatológica, de alertas tempranas) así como los de administración y ordenamiento del recurso hídrico a nivel regional en las CAR.

Por otra parte, el MADS viene adelantando acciones de articulación de la red hidrometeorológica de información en control de las corporaciones autónomas regionales, tomando como base la red hidrometeorológica de nacional, operada actualmente por el IDEAM (Figura 7).

Este sistema incluye, en el módulo de hidrología, el submódulo de información del recurso hídrico (SIRH), el cual cuenta también con el módulo de registro de usuarios del recurso hídrico (RURH), el módulo de registro de fuentes, el módulo de calidad y el módulo de gestión (componentes de ordenamiento del recurso hídrico y el de ordenación de cuencas hidrográficas o POMCH).

Está prevista de igual manera culminar la formulación del documento CONPES “Estrategia institucional y financiera de desarrollo de las redes hidrológicas, meteorológicas y oceanográficas”, liderado por el DNP con la participación de entidades con funciones de registro y gestión de la información hidrometeorológica y oceanográfica. Este documento tiene el fin de fortalecer los sistemas de monitoreo e información para un mejor manejo de situaciones complejas y una mejor toma de decisiones.

El UPME también recomienda continuar avanzando en la formulación y desarrollo de herramientas de alerta temprana, las cuales

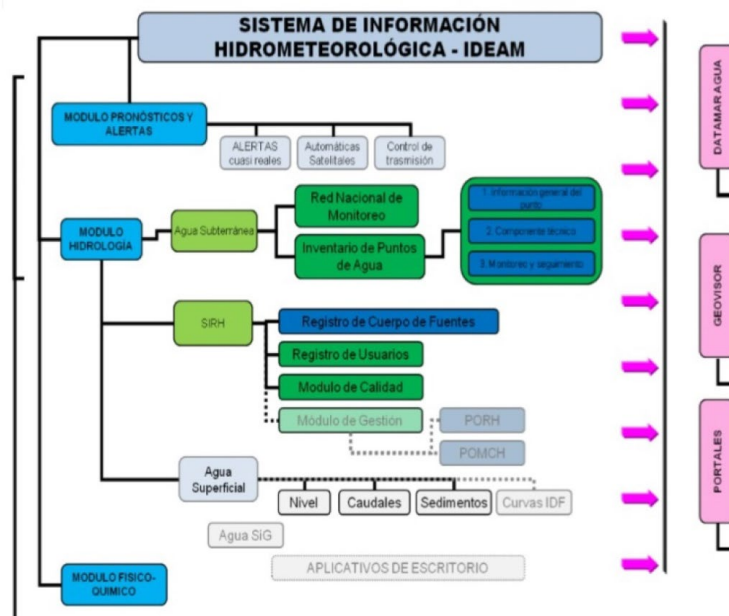


Figura 7. Sistema de información meteorológica del IDEAM

Fuente: [1].

cuenten con información fundamental para el subsector de generación como el “Sistema de Información de Alertas Tempranas (TREMARTOS) y caracterización territorial” y la herramienta de mapeo de fórmulas equivalentes (Ma. F. E. v 2.0) u otra que facilite este proceso.

Como parte del proceso de consolidación de TREMARTOS, entidades públicas como el MADS, Conservación Internacional y otras varias además de ONG impulsan esta herramienta tecnológica como instrumento de apoyo previo en el proceso de toma de decisiones acerca de la posible afectación a la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, que puede traer un proyecto o actividad, así como sobre la vulnerabilidad del territorio específico de análisis.

CONCLUSIONES

De acuerdo con la lectura del informe de gestión de la UPME, se entiende que el Gobierno parece estar al tanto de las afectaciones que puede causar el cambio climático en el sector eléctrico. En consecuencia este documento muestra que la actual administración en la figura del Ministerio de Minas y de la Unidad de Planeación Minero Energética perteneciente a esta cartera considera que, de acuerdo a la infraestructura eléctrica del país la cual aún no ha agotado totalmente su capacidad de producción y con las previsiones de la demanda de energía eléctrica de grandes y pequeños consumidores en un plazo de alrededor de 30 años, no se visualiza una amenaza grande de racionalización del consumo de electricidad en virtud de un desabastecimiento de los embalses hídricos que son responsables de casi el 70% de la generación de energía eléctrica.

El Gobierno plantea, sin embargo, como una alternativa a un posible desabastecimiento de los embalses la construcción y el mayor uso de centrales termoeléctricas utilizando combustibles fósiles como el gas y el diésel, los cuales, muestra el informe, tienen precios aceptables para ser

utilizados en caso de desabastecimiento como generadores de energía en el mencionado plazo. De acuerdo con los datos sobre la expansión del sistema de generación termoeléctrica de los últimos veinticinco años, se debe afirmar que la nación, luego de la experiencia de la racionalización de los años 1991-1992 por el fenómeno de El Niño, impulsó la creación de este tipo de tecnología, lo ha venido haciendo hasta hoy y de acuerdo a las previsiones los seguirá haciendo de manera que sea más equilibrada la participación de las centrales hidroeléctricas como de las térmicas.

El Gobierno, de acuerdo con el informe, no considera importante la utilización de tecnologías no convencionales para la generación de energía eléctrica, por ejemplo, el proyecto que se presenta en el informe estudiado le da un porcentaje mínimo de participación a las tecnologías de energía renovable en los procesos de expansión de la red eléctrica nacional.

Alternativas al uso de generadores hidráulicos y de combustión para crear energía hay varias, el uso de paneles solares, de equipos mecánicos que aprovechen la energía eólica, el uso de la energía nuclear son algunos de estos. De acuerdo con el modelo de desarrollo que tiene el país, era de esperarse que este tipo de tecnologías no se masifiquen, puesto que son medios de generación costosos y no valen su costo en la cantidad de energía que puedan producir. Un país que aún no se ha desarrollado industrialmente no tomará el camino de las energías renovables. A modo de comentario personal sería magnífico poder utilizar estas herramientas renovables en el país puesto que reducen el uso de combustibles fósiles, disminuyendo la emisión de gases tóxicos y mejorando la calidad de vida, un uso masivo de esta tecnología implicaría una visión contraria al modelo de progreso tecnológico establecido y una reducción del consumo de bienes y servicios.

Parece ser que la implementación de estas tecnologías, de acuerdo con el orden económico mundial, solo es permitida en ciertos países que no solo son industrializados, sino que además tienen

una cultura más liberal; son países prósperos con buenos niveles de vida los cuales apenas diseñan la maquinaria que es fabricada en países emergentes y explotan los recursos energéticos de otros países como Colombia.

REFERENCIAS

- [1] Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). (2014). *Plan de expansión de referencia generación-transmisión 2014-2028*. Recuperado de http://www.upme.gov.co/Docs/Plan_Expansion/2015/Plan_GT_2014-2028.pdf